

УДК 622.248

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДИСКРЕТНО-РОЗПОДІЛЕНИХ УДАРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В КНБК ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАКЛИНЮВАНЬ ПІД ЧАС БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН

В.М. Чарковський

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727144,
e-mail: ekon.prid@nuing.edu.ua

Викладено основні етапи реалізації технології ліквідації та попередження заклинювань колон труб з допомогою дискретно-розподілених ударних навантажень. Сформульовано основні результати досліджень. Показано, що за певних умов в аварійній колоні бурильних труб можуть виникати резонансні явища, які потрібно враховувати під час конструювання нових технічних засобів. Запропоновано конструкцію секційного механічного яса для реалізації нової технології. Запропоновано математичну модель для визначення умов роботи механічного яса. Виконано основні дослідження на базі запропонованої моделі. Дослідження виконувалися для умов як доударної так і післяударної фаз коливальних процесів у колоні труб. Також розрахунки виконувалися для різних типів заземлення нижнього кінця колони труб з метою виявлення впливу природи заклинювання на коливальні процеси.

Ключові слова: КНБК; математична модель; параметри ліквідації прихоплення; ударний механізм для ліквідації прихоплення; режими роботи ударного механізму; варіанти застосування ударного механізму.

Изложены основные этапы реализации технологии ликвидации и предупреждения прихватов колон труб с помощью дискретно-распределенных ударных нагрузок. Сформулированы основные результаты исследований. Показано, что при определенных условиях в аварийной колонне бурильных труб могут возникать резонансные явления, которые необходимо учитывать при проектировании новых технических средств. Предложена конструкция секционного механического яса для реализации новой технологии. Предложена математическая модель для определения условий работы механического яса. Выполнены основные исследования на базе предложенной модели. Исследования выполнялись как в доударной, так и послеударной фаз колебаний. Расчеты также выполнены для различных типов заземления нижнего конца колонны труб с целью выявления влияния природы заклинивания на колебательные процессы.

Ключевые слова: КНБК; математическая модель; параметры ликвидации прихвата; ударный механизм для ликвидации прихватов; режимы работы ударного механизма; варианты применения ударного механизма

Main implementation stages of the technology of freeing and preventing drill string jamming with the help of discretely distributed shock loadings are described. The basic study results are formulated. It is shown that some resonance phenomena may occur in the emergency drill string under certain conditions. These phenomena must be taken into consideration while designing new technical equipment. A sectional mechanical jar design has been developed for the new technology implementation. A mathematical model has been also developed for defining of the mechanical jar operation conditions. Basic studies have been conducted on the basis of the developed model. The studies have been done for the conditions of both shock and after-shock oscillating phases in the drill string. The calculations have been also made for different types of the bottom-hole assembly jamming in order to determine the influence of jamming nature on oscillating processes.

Keywords: BHA, mathematical model, parameters of stuck pipe freeing, percussion device for stuck pipe freeing, percussion device operation mode, ways of the percussion device utilization.

Із розвитком похило-скерованого та горизонтального буріння зросли вимоги до попередження прихоплення КНБК під час проводки свердловин на викривлених інтервалах. Окрім односторонніх виробок і, як наслідок, формування жолоба, у сильно викривлених інтервалах похило-скерованих та горизонтальних свердловин виникає також накопичення шламу та обважнювача. У цих умовах висувуються нові вимоги до якості бурового розчину, очищення вибою, темпів буріння та технології виконання робіт з метою попередження непередбаченої втрати рухомості колони у свердловині.

Одним із методів попередження прихоплення є застосування ударних механізмів (УМ) у вмонтованому в КНБК варіанті під час буріння свердловини. Незважаючи на явні переваги цього методу, такі як швидке введення в дію

УМ та ефективного руйнування утримуючих зв'язків, а також те, що цей метод відомий давно, широкого впровадження він не набув з ряду об'єктивних причин.

По-перше, внаслідок одночасної дії декількох взаємно суперечливих факторів. Так, конструкція УМ передбачає його встановлення у стисненій частині КНБК, а над УМ встановлюються ОБТ для забезпечення достатньої сили удару. Це зміщує місце розташування УМ у складі КНБК донизу, що збільшує ймовірність прихоплення його самого, особливо у похило-скерованих свердловинах.

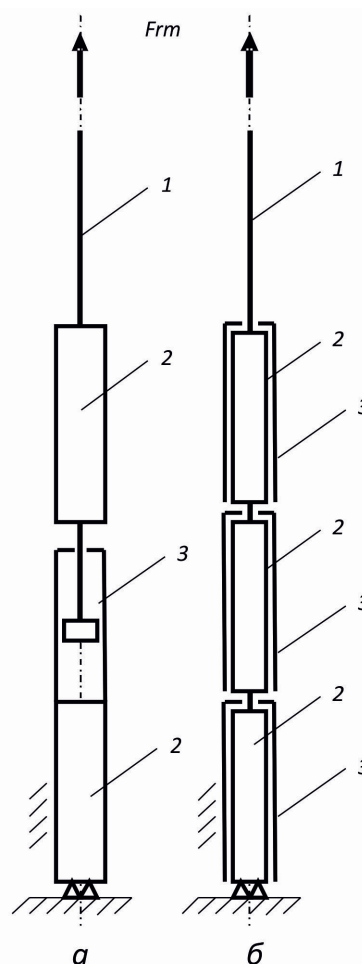
По-друге, традиційні конструкції УМ містять рухомі деталі, які розміщені у певному кінематичному взаємозв'язку та взаємодії, на основі чого В.Г.Ясовим було запропоновано класифікацію конструкцій УМ, що дало змогу ви-

явити шляхи їх подальшого вдосконалення. Найбільшого розповсюдження набули телескопічні конструкції, основним джерелом енергії для роботи яких є пружно здеформована (тобто попередньо розтягнена або стиснена) колона бурильних труб. Відповідно одна рухома частина цієї телескопічної конструкції з'єднується з колоною бурильних труб, а інша – з прихваченою частиною КНБК. Саме ці рухомі частини УМ є найбільш вразливими з точки зору їх зносостійкості в умовах постійно діючих вібрацій та знакозмінних навантажень на бурильну колоноу. Свого часу роботи із вивчення зносостійкості УМ у складі КНБК виконувалися В.Н.Пановим та А.К.Самотоем. Було доведено, що традиційні телескопічні конструкції швидко виходять з ладу, незважаючи на додаткові заходи фіксації рухомих частин УМ.

У даній статті пропонується замінити нанесення ударів з допомогою традиційної телескопічної конструкції УМ методом створення в КНБК дискретно-розподілених ударних навантажень.

На рис.1 відображено принципові відмінності в реалізації цих двох методів. Технологія ліквідації прихоплень при традиційному застосуванні УМ у складі КНБК (рис. 1а) детально розкрита в роботі [1]. Розглянемо технологію попередження прихоплень з допомогою дискретно-розподілених ударів. Для цього кожна секція ОБТ у складі КНБК має бути забезпечена протиприхоплювальними втулками, які би перекривали переважну частину довжини ОБТ з можливістю обмеженого осьового переміщення кожної втулки для нанесення ударних навантажень у випадку, якщо на втулку діятиме утримуюча сила прихоплення. Таким чином може бути усунене перше протиріччя при традиційному застосуванні УМ у складі КНБК, тобто в даному випадку можемо забезпечити достатню силу удару по всій довжині КНБК. Запропоноване (рис. 1б) технічне рішення не буде спрацьовувати тільки в одному випадку – якщо утримуюча сила прихоплення діятиме на елементи колони та КНБК, які не перекриті протиприхоплювальними втулками. Звичайно, що у цьому випадку вся конструкція має забезпечити роз'єднання колони у будь-якому місці відомими традиційними методами з підйомом на поверхню вільної частини колони для подальшого планування і виконання робіт з ліквідації аварії.

Що стосується самої технології ліквідації прихоплення даним методом, то для безпосереднього виконання аварійних робіт вона залишиться незмінною. Як і у випадку застосування бурових ясів, потрібно створити навантаження або розвантаження колони для створення удару у відповідному напрямку. У найпростішому випадку, а саме при застосуванні втулок без замкових пристроїв, ударні навантаження по втулці можуть створюватися за рахунок кінетичної енергії рухомих елементів КНБК. Потрібно зауважити, що у цьому випадку більшою ефективністю відрізнятимуться удари, направлені вниз.



1 – аварійна колона; 2 – ОБТ; 3 – УМ

Рисунок 1 – Порівняльні схеми ударних способів ліквідації заклинювання КНБК при традиційному застосуванні УМ у складі КНБК (а); застосуванні КНБК із можливістю створення дискретно-розподілених ударів (б)

Технічне рішення, продемонстроване на рис. 1б, перспективне також тим, що протиприхоплювальні втулки 3, які тут виконують роль ударного механізму, можуть бути забезпечені також опорно-центруючими елементами, які, як відомо, встановлюються на точно визначених відстанях по довжині КНБК. Ймовірність заклинювання ОЦЕ порівняно з іншими елементами КНБК при цьому значно вища, а тому можливий випадок, коли прихваченою виявиться верхня частина КНБК при рухомій нижній частині, а динамічні процеси в колоні труб при створенні ударних навантажень можуть мати дещо інший характер.

Для дослідження коливальних процесів у колоні при створенні ударних навантажень було використано математичну модель [2], скореговану для моделювання дискретно розподіленого удару за допомогою відповідної зміни початкових умов і зв'язків для окремих елементів/секцій КНБК.

Бралися до уваги такі фази(періоди) роботи УМ при нанесенні дискретно-розподілених ударів:

Фаза попереднього натягу аварійної колони бурильних труб в межах пружних деформацій. При цьому розглядалися випадки заклинювання протиприхоплювальних втулок у верхній, середній та нижній секціях КНБК. Тобто, ті частини КНБК, які розміщувалися нижче зони прихоплення, моделювалися як попередньо не розтягнені, але приєднані до аварійної колони.

Фаза розрядки замкового пристрою заклиненої у свердловині протиприхоплювальної втулки і створення вільних повздовжніх коливань в аварійній колоні бурильних труб. Модель дає можливість кількісно та якісно визначити вплив приєднаних у нижній частині нерозтягнених секцій КНБК на швидкість та переміщення бойка.

Створення удару та, відповідно, фаза перерозподілу коливальних процесів в аварійній колоні та елементах КНБК. Тут вважатимемо, що має місце ударний режим роботи при ліквідації прихоплення, а отже коливальними процесами в протиприхоплювальній втулці та їх впливом на динамічні характеристики можна знехтувати.

Математична модель, що реалізована в пакеті Mathcad, складається з наступних блоків.

Блок вхідних даних.

F_{rm} – сила натягу аварійної колони, що необхідна для розрядки замкового пристрою УМ, Н;

l_j – довжина невагомого пружного j -го елемента, який моделює аварійну колону труб, що з'єднує m_j та m_{j+1} маси коливальної системи і розміщена над верхньою межею прихоплення, м;

ls_j – довжина невагомого пружного j -го елемента, який моделює елемент КНБК, що з'єднує ms_j та ms_{j+1} маси коливальної системи і розміщений нижче зони прихвату, м;

D_j, Ds_j та d_j, ds_j – відповідно зовнішній та внутрішній діаметри колони бурильних труб та елементів КНБК, довжиною відповідно l_j та ls_j , м;

E_j – модуль пружності при розтягуванні, Па;

ρ_j – густина металу труб на ділянці l_j або ls_j , кг/м³;

h_j, hs_j – коефіцієнти в'язкого опору у свердловині на ділянках відповідно l_j або ls_j , 1/с.

У блок вхідних даних входять також результати проміжних розрахунків, а саме

c_j, cs_j – жорсткості j -го елемента колони труб довжиною відповідно l_j та ls_j , Н/м;

m_j, ms_j – зосереджена маса [2] j -го елемента колони труб, довжиною відповідно l_j та ls_j , кг;

S_j, Ss_j – площа поперечного перерізу колони труб на довжині відповідно l_j та ls_j , м².

Блок розрахунків зміни в часі сумарного переміщення x_j та швидкості v_j коливальної системи «аварійна колона – ОБТ» у доударній фазі однією з вбудованих функцій розв'язування системи диференціальних рівнянь [2]. Для цього блоку попередньо вхідні дані формують у вектор-стовпець початкових умов

$$x_j = \frac{-F_{rm}}{c_j}, \quad (1)$$

$$v_j = 0 \quad (2)$$

з таким розміщенням, щоб остання j -та маса m_j співпадала з місцем бойка УМ в аварійній колоні. У цьому випадку початок координат коливальної системи співпадатиме з верхнім кінцем колони, а напрямок координатної осі буде направлений вниз. Саме з цієї причини перша початкова умова (1) є від'ємною. Результати розрахунків вбудована функція повертає у вигляді таблиць для кожної i -ої точки розрахунку із заданого діапазону інтегрування. Перший стовпець таблиць – це результати часу коливань t_i , інші – відповідні переміщення $x_{j,i}$ та швидкості $v_{j,i}$. Відповідно переміщення та швидкість бойка УМ буде рівна сумі всіх переміщень $x_{j,i}$ та швидкостей $v_{j,i}$.

Блок розрахунків зміни в часі сумарного переміщення xs_j та швидкості vs_j коливань вільної від зони прихоплення частини протиприхвотної втулки. Початкові умови для розв'язку диференціальних рівнянь цих коливань набувають вигляду

$$xs_j = \frac{F_{rm}}{cs_j}, \quad (3)$$

$$vs_j = 0 \quad (4)$$

і розміщені у вектор-стовпці початкових умов, починаючи з останньої коливальної маси ms_j математичної моделі. Таким чином, початок координат буде співпадати з верхньою границею прихоплення, а вісь координат матиме напрямок вгору. Саме з цієї причини початкова умова (3) є додатною, а переміщення ковадла протиприхоплювальної втулки визначатиметься сумою переміщень $xs_{j,i}$ кожної маси $ms_{j,i}$ у кожній точці i .

$$X = \begin{bmatrix} x_{j,i} \\ v_{j,i} \\ x_{j+1,i} + xs_{j+2,i} \\ v_{j+1,i} + vs_{j+2,i} \\ x_{j+2,i} \\ v_{j+2,i} \\ xs_{j+1,i} \\ vs_{j+1,i} \\ xsj_i \\ vsj_i \end{bmatrix} \quad DD(V, X) = \begin{bmatrix} X_1 \\ \frac{c_{j+1}(X_2 - X_0) - c_j X_0 - h_j X_1}{m_j} \\ X_3 \\ \frac{-cs_{j+2}(X_4 - X_6) - c_{j+1}(X_2 - X_0) - h_{j+1} X_3}{m_{j+1} + ms_{j+2}} \\ X_5 \\ \frac{-c_{j+2}(X_4 - X_2) - h_{j+2} X_5}{m_{j+2}} \\ X_7 \\ \frac{cs_{j+2}(X_4 - X_6) - cs_{j+1}(X_6 - X_8) - hs_{j+1} X_7}{ms_{j+1}} \\ X_9 \\ \frac{cs_{j+1}(X_6 - X_8) - cs_j X_8 - hs_j X_9}{ms_j} \end{bmatrix}$$

Рисунок 2 – Вектор X початкових умов та вектор аргумента вбудованої функції для випадку, коли удар виникає між ms_{j+2} та m_{j+1} масами коливальної системи

Блок розрахунку часу удару або часу зіткнення бойка з ковадлом. Цю частину математичного моделювання виконують у ручному режимі, спочатку призупинивши інші розрахунки. Потім присвоюють такий номер з таблиці результатів розрахунків, який відповідає одному з критеріїв оптимальності системи, тобто, або максимальній швидкості переміщення бойка в доударній фазі, або ж фіксованому ходу бойка для конкретної конструкції УМ. Часу удару присвоюється з таблиці результатів розрахунків такий час t_i , який забезпечує досягнення відповідних значень критерію. Звісно, що критерій оптимальності у доударному періоді може не співпадати з відповідним критерієм у післяударному періоді, а тому час удару поступово наближують до потрібного, роблячи послідовні розрахунки коливач у п'ятому, останньому блоці розрахунків.

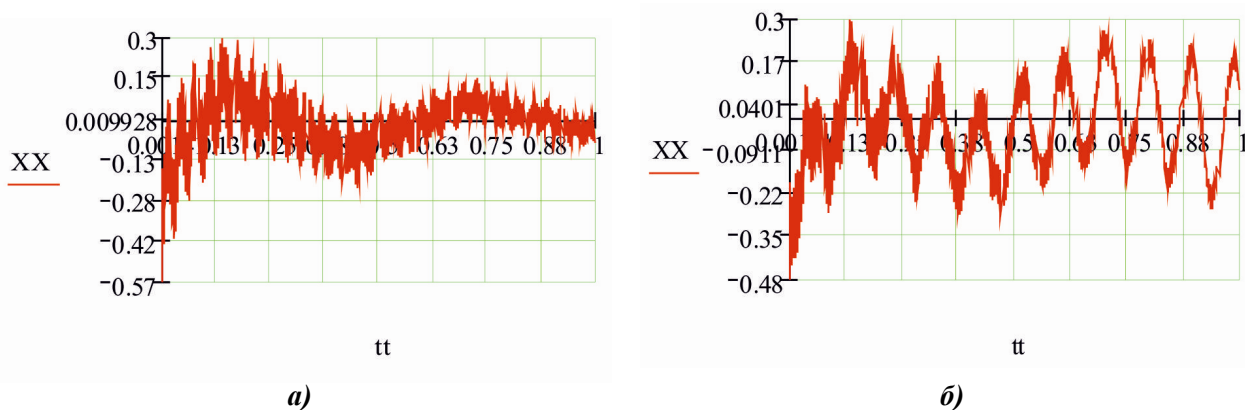
Блок розрахунків зміни в часі сумарного переміщення та швидкості коливальної системи, коли боек змикається з ковадлом, тобто у післяударній фазі. У цьому випадку остання маса m_j аварійної колони та остання за номером j маса ms_j , якою моделюється протиприхоплювальна втулка, будуть коливатися разом, а їхнє переміщення XX та швидкість VV у часі будуть знайдені як сума всіх переміщень x_j, xs_j та, відповідно, швидкостей v_j, vs_j у кожній точці i . Вектор початкових умов тут має враховувати вибір початкових переміщення та

швидкості, які відповідатимуть переміщенню та швидкості з таблиці попередніх результатів розрахунків, яким, у свою чергу, відповідатиме час зіткнення бойка з ковадлом за присвоєним номером i . За цієї умови подальший розрахунок коливач розпочнеться із часу удару tu .

Таким чином у даній роботі моделювалися коливання у випадку застосування УМ традиційної телескопічної конструкції. У випадку застосування технології та техніки нанесення по зоні прихоплення дискретно-розподілених ударних навантажень виникає необхідність змодельовати зіткнення відповідних за номером j коливальних мас КНБК (рис.1) та останньої за номером j маси ms_j , якою моделюється протиприхоплювальна втулка. Виконуючи розрахунки коливач за вищенаведеним алгоритмом для випадків прихоплення кожної протиприхоплювальної втулки окремо, отримаємо реальну картину зміни визначених критеріїв ефективності запропонованої технології.

На рис. 2 в узагальненому вигляді зображено фрагмент розрахунку з використанням початкових умов для математичної моделі та граничних умов аналогової (рис. 1) моделі. Останні призначені для моделювання зв'язків коливальних мас у системі дослідження і використовуються як аргумент вбудованої функції розрахунку системи диференціальних рівнянь у Mathcad. На рис. 2 змодельовано умови, коли боек змикається з ковадлом у другій по рахунку трубі ОБТ, що на рис.16.

При дослідженні впливу на коливальні процеси приєднаних внизу мас елементів КНБК



*а – розрядка замкового пристрою у нижній секції ОБТ;
б – розрядка замкового пристрою у верхній секції ОБТ*

Рисунок 3 – Зміна переміщення коливальної системи «бурильні труби – ОБТ» з часом у післяударному періоді

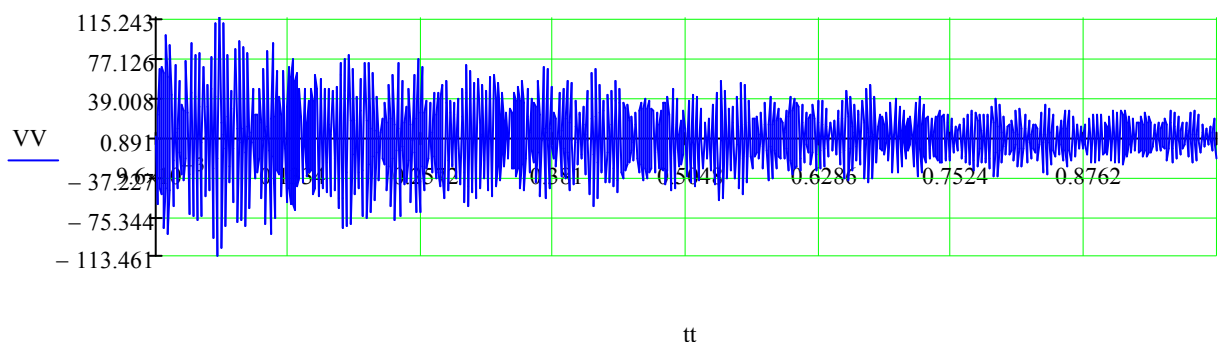


Рисунок 4 – Зміна швидкості коливальної системи в часі у післяударному періоді

необхідно враховувати, що у після ударній фазі ці коливання утворюються внаслідок суперпозиції коливань чотирьох елементів коливальної системи, а саме: 1) аварійної колони бурових труб; 2) ОБТ, котрі розміщені над верхньою межею прихоплення; 3) ОБТ, котрі розміщені нижче прихваченої частини і знаходяться у рухомому та не розтягнутому стані; 4) частини прихваченої втулки, яка є вільною від утримуючої сили і може розтягуватися.

На рис. 3а зображено графік зміни сумарного переміщення коливальної системи в часі у після ударній фазі за умови, що розрядка замкового пристрою відбувається на відстані 30 м від долота, а на рис. 3б – переміщення, створені за тих же умов тільки при розрядці замкового пристрою на відстані 150 м від долота. Розрахунки виконані для таких вхідних даних: зусилля розрядки замкового пристрою $F_{rm} = 200$ кН; довжина аварійної колони бурових труб $L = 1500$ м; довжина КНБК $L = 150$ м; аварійна колона складена зі сталевих бурових труб $\varnothing 127 \times 10$ мм; КНБК складена секціями ОБТ, забезпечених протиприхоплювальними втулками $\varnothing 178 \times 10$ мм; відстань між верхньою межею прихоплення та ковадлом протиприхоплювальної втулки 10 мм; хід бойка 200 мм; коефіцієнт в'язкого опору у свердловині $h = 3$ с⁻¹.

Із рис. 3 можна зробити висновок, що зі зміщенням вверх зони прихоплення по довжині КНБК та, відповідно, збільшенням довжини приєднаної маси ОБТ коливання приєднаних мас можуть вступати в резонанс із коливаннями інших елементів системи, що потрібно враховувати на стадії проектування відповідних технічних засобів для реалізації цієї технології. Даний висновок підтверджується перерозподілом швидкості коливальних процесів у часі для післяударної фази (рис. 4), де можемо спостерігати збільшення часу затухання ударних хвиль при зміщенні вверх зони прихоплення.

У табл.1 наведено результати екстремальних значень швидкостей при розрядці замкового пристрою в різних секціях КНБК, рахуючи знизу – вверх.

Тут підтверджується висновок, наведений у роботі [1], про виникнення локальних екстремумів швидкості та імпульсу при зміні довжини ОБТ. У випадку дискретно-розподілених ударних навантажень ці екстремуми підсилюються резонансним характером переміщень (рис. 3б). Для порівняння, а також більшої об'єктивності та повноти висвітлення результатів моделювання, у табл.1 наведено результати екстремальних значень швидкостей за розрядки замкового пристрою в різних секціях КНБК, але в доударній фазі вільних коливань системи, тобто коли моделювання виконувалося без уда-

Таблиця 1 – Екстремальні значення швидкостей коливальної системи

Швидкість	Довжина не розтягнутої маси ОБТ, приєднаної до коливальної системи «бурильні труби – ОБТ» нижче зони прихвату				
	0 м	30 м	60 м	90 м	120 м
Післяударна фаза коливань					
max VV, м/с	-138,04	-275,83	-198,44	-358,22	-357,67
Доударна фаза коливань					
max v, м/с	3,914	3,635	3,695	3,712	3,725

ру. За виконаними на даний час дослідженнями якусь певну закономірність між результатами розрахунків у доударній та післяударній фазах виявити важко. Все ж таки, застосована у цій роботі математична модель [2] може бути корисна для досліджень результатів моделювання більш у якісному плані, ніж у кількісному. До результатів, наведених у табл. 1 можна додати, що у доударній фазі коливань та при знаходженні ОБТ тільки над УМ (тобто у випадку застосування традиційної конструкції УМ, коли ОБТ застосовуються у якості молота) фіксується чітко виражений екстремум кінетичної енергії ударної системи в залежності від маси молота над УМ.

Враховуючи зазначене вище, запропоновано один із варіантів конструкції [3], яка призначена для практичної реалізації технології дискретно-розподілених ударних навантажень. Конструкція являє собою механічний яс, що містить корпус, забезпечений нижнім перевідником та ковадлом, встановлений в корпусі та забезпечений проточкою і верхнім перевідником шток з бойком, замкове з'єднання штока з корпусом, шток механічного яса додатково забезпечений нижнім перевідником для з'єднання із нижче розміщеними ділянками яса та виконаний зовнішнім діаметром із стандартизованого розмірного ряду на розмір меншим за розрахований для буріння свердловини діаметр обважнених бурильних труб. Корпус яса виконано у вигляді втулки, розміщеної на штоку з обмеженим осьовим ходом між верхнім та нижнім перевідниками штока, зовнішнім діаметром рівним розрахованому для буріння діаметру обважнених бурильних труб і з'єднаної з штоком замковим з'єднанням у вигляді двох послідовно розміщених на довжині проточки штока пружно деформованих кілець, котрі взаємодіють з відповідними поверхнями проточки через вмонтовані на внутрішньому ободі кілець тіла кочення або ковзання і фіксують втулку на штоку. Причому у випадку забезпечення кілець тілами ковзання, тіла ковзання можуть бути виконані заодно з пружно деформованими кільцями, а бойком та ковадлом є відповідні торцеві поверхні верхнього і нижнього перевідників та торцеві поверхні корпусу з відстанню між кожним бойком та ковадлом, меншою за повздовжній хід кожного кільця в проточці штока.

Запропоновані розмірні співвідношення штока та корпусу дають змогу виготовити сек-

ційний механічний яс, секції (або ділянки) якого з'єднуються з необхідною довжиною для створення навантаження на долото при бурінні, а у випадку виникнення прихоплення корпуса нижнім та верхнім перевідниками на штоку яса можна наносити вибіркові або вверху, або вниз ударні навантаження по торцях корпусу (ковадлах). Виконання зовнішнього діаметра штока на розмір меншим, ніж розрахований із стандартизованого розмірного ряду для буріння свердловини, дозволяє розмістити на штоку корпус зовнішнім діаметром рівним розрахованому зовнішньому діаметру ОБТ, тобто досягти необхідної ваги для створення навантаження на долото. Виконання замкового з'єднання у вигляді пружно деформованих кілець дозволяє конструктивно забезпечити даному вузлу необхідну силу розрядки з напрямком як вверху, так і вниз. Забезпечення кілець на внутрішньому ободі тілами кочення або ковзання, які в останньому випадку можуть бути виконані заодно з пружно деформованими кільцями, дозволяє підвищити ресурс роботи замкового з'єднання. Виконання бойків та ковадл на торцевих поверхнях, відповідно, перевідників штока та корпусу з відстанню між кожним бойком та ковадлом меншою за повздовжній хід кожного кільця в проточці штока, дозволяє забезпечити вибіркове нанесення ударів вверху або вниз та підвищити надійність роботи замкового з'єднання шляхом розмежування взаємодії кілець з поверхнями проточки при циклах розрядки-зарядки.

Сказане продемонстровано на рис. 5.

Секція механічного яса містить шток 1, виконаний з проточкою 2, забезпечений у верхній та нижній частинах перевідниками 3 та 4. Корпус 5 виконано у вигляді втулки з обмеженим осьовим ходом між перевідниками 3 і 4 та торцевими поверхнями 6 і 7. Корпус фіксується на штоку замковим з'єднанням, що містить пружно деформовані кільця 8, розміщені у вичотках 9 корпусу з можливістю пружної деформації від радіальної складової сили розрядки. В кільця вмонтовано тіла кочення або ковзання 10, що взаємодіють з відповідними поверхнями проточки 11. У верхній частині шток та корпус взаємодіють по гранчастій поверхні 12.

Механічний яс працює наступним чином. Секції механічного яса збирають в компоновку низу бурильної колони. Кількість секцій механічного яса вибирається, виходячи із необхідного навантаження на долото при бурінні. У випадку виникнення прихоплення корпусу

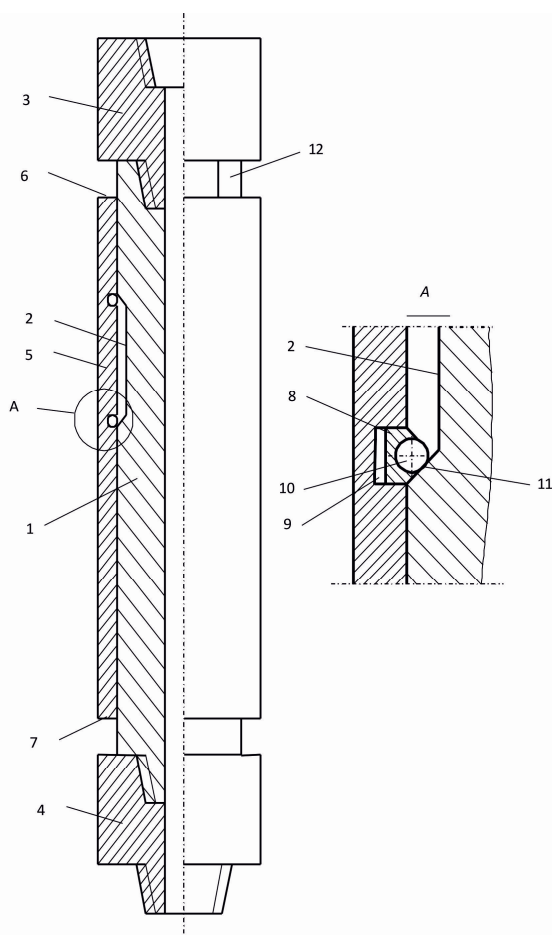


Рисунок 5 – Конструктивне виконання однієї секції механічного яса

(чи декількох корпусів) механічного яса (або їх затяжки чи посадки при СПО) до штока прикладається зі сторони колони бурильних труб додаткова сила розтягу або стискуюча сила в залежності від того, якого напрямку потрібно створити удар – вверх або вниз. При цьому навантаження від штока 1 яса передаються на кільця 8 через тіла кочення (або ковзання) 10. Завдяки взаємодії цих тіл зі штоком по поверхнях 11 проточки 2 виникає радіальна складова сили розтягу або стискуючої сили, яка відповідно діятиме на нижнє або верхнє кільце. Ця радіальна складова, розтискаючи відповідне нижнє або верхнє кільце, дозволяє цим самим при певних силах розрядки замкового з'єднання звільнити шток від фіксації з корпусом. При цьому, внаслідок попередньої пружної деформації бурильної колони шток починає рухатися, набираючи швидкість і вдаряючи перевідником 3 по торцевій поверхні 6 у випадку нанесення удару вниз, або перевідником 4 по торцевій поверхні 7 у випадку нанесення удару вверх. У випадку нанесення удару вверх тіла кочення або ковзання нижнього кільця, а у випадку нанесення удару вниз – відповідно верхнього кільця – після виходу із взаємодії з поверхнями 11 проточки 2 штока котяться (ковзають) по зовнішній поверхні штока. Завдяки тому, що відстань між бойком та ковадлом є меншою за хід кільця в проточці, одне з кілець після роз-

рядки з відповідно вибраним напрямком удару, завжди буде знаходитись у проточці штока, що власне і забезпечуватиме вибірковий напрямок створення ударів та підвищуватиме надійність роботи замкового з'єднання. Для нанесення повторних ударів зарядку замкового з'єднання виконують розвантаженням або натягуванням колони бурильних труб для повернення штока в попереднє положення, коли кільця 8 замкнуться в проточці 2 під дією сили пружності тіла кочення або ковзання 10 і знову зафіксують шток в корпусі.

При нанесенні ударів вверх зарядку яса виконують розвантаженням, а якщо удари наносилися в напрямку вниз, то яс заряджають натягуванням колони. Гранчасті поверхні 12 потрібні для передачі крутного моменту на корпус у випадку необхідності його прокручування при ліквідації прихоплення, або ж роз'єднання колони для виконання аварійних робіт.

Результати, що наведені на рис. 3, 4 та у табл. 1 отримані при значенні сили опору у зоні прихоплення на рівні сил опору у свердловині та жорсткого защемлення нижньої границі прихоплення, що допустимо для технології ліквідації прихоплення традиційними конструкціями УМ, коли між верхньою межею прихоплення та місцем розташування УМ у складі аварійної колони знаходяться бурильні труби чи ОБТ. Запропонована конструкція (рис.5) максимально реалізує чисто ударний режим роботи УМ, при якому енергія удару безпосередньо передається на прихвачений корпус/штулку 5. При цьому вплив природи утримуючих зв'язків на перерозподіл коливальних процесів у після ударній фазі може виявитися значним. З метою дослідження впливу природи утримуючих зв'язків у зоні прихоплення на характеристики коливальних процесів пропонується феноменологічна модель ліквідації прихоплення, один із варіантів якої показаний на рис. 6.

Феноменологічна модель на рис. 6 – це в'язко-пластичне реологічне тіло, яке через ударний механізм з ходом бойка l_0 знаходиться у взаємодії з аварійною колоною бурильних труб і має такі характеристики [1,4]: τ_m – максимальне напруження зсуву при ліквідації прихвату у парі сталь – глиниста кірка; τ_c – характеристика тертя пари сталь – глиниста кірка після руйнування утримуючих зв'язків. У якості інших варіантів побудови феноменологічної моделі можна використати різні комбінації відомих реологічних моделей.

У даній роботі при застосуванні математичної моделі [2] використано в'язку реологічну модель ліквідації прихоплення, для якої прийнято, що площа контакту реологічного тіла з корпусом механічного яса рівна площі зовнішньої поверхні корпуса. На рис. 7а показано перерозподіл швидкостей коливальної системи у після-ударній фазі у випадку, коли зона прихоплення перекриває всю довжину корпуса механічного яса, а на рис. 7б – коли прихоплена тільки половина довжини корпуса, що дає можливість

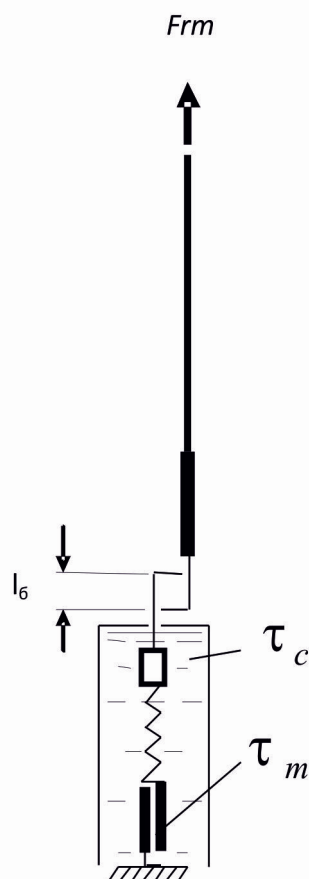
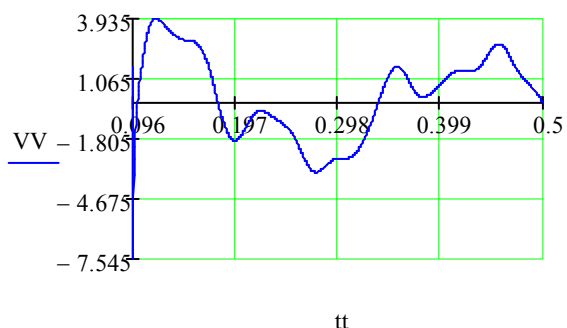
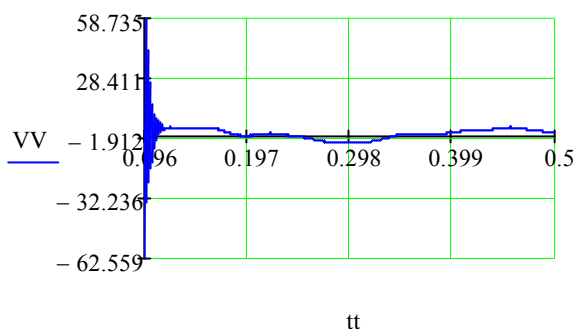


Рисунок 6 – Варіант феноменологічної моделі ліквідації прихоплення



а



б

а – контакт реологічного тіла з корпусом яса по всій довжині; б – контакт реологічного тіла з корпусом яса на половині його довжини

Рисунок 7 – Зміна швидкості коливальної системи з часом у післяударному періоді

якісно оцінити вплив способу заземлення прихваченої частини у математичній моделі на коливальні процеси.

Результати на графіках (рис. 7) отримані за умови, що коефіцієнт опору у зоні прихоплення математичної моделі [2] забезпечує отримання такої характеристики τ_c , яка дозволяє змодельовувати достатню силу прихоплення корпусу. Результати даних досліджень підтверджують висновок з роботи [1] про переважно втомний характер руйнувань утримуючих зв'язків при застосуванні УМ для ліквідації прихоплень бурильного інструменту.

Подальші дослідження на базі математичних моделей можуть стосуватися визначення оптимальних умов ліквідації прихоплення, а також оптимізації конструктивних параметрів запропонованого [3] УМ. Інший напрямом роботи над запропонованим технічним рішенням стосується вдосконалення конструкції УМ з точки зору забезпечення більшої надійності роботи у складі КНБК та збільшення моторесурсу при ліквідації прихоплень.

Література

1 Буріння свердловин: довідник / Мислюк М.А., Рибич І.Й., Яремійчук Р.С. – Т.5: Ускладнення. Аварії. Екологія. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2004. – 376 с.

2 Чарковский В.М. Щодо технології ліквідації прихоплень колон труб ударними механізмами // Науковий вісник Ів.-Фр. нац. техн. ун-ту нафти і газу. – 2007. – № 2(16). – С. 31-37.

3 Пат. 90458 Україна, МПК Е21В 31/107(2006.01). Механічний яс. [Текст] / В.М.Чарковский, В.В.Ткачук; заявник і патентовласник Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу – № а200604812; заявл. 03.05.2006; опубл. 11.05.2010; Бюл. № 9.

4 Ясов В.Г. К методике измерения фрикционных свойств глинистых корок / Ясов В.Г., Аниськовцев А.В., Чарковский В.М. // Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. – Львов, 1989. – Вып. 26. – С. 56-62.

Стаття надійшла до редакційної колегії
08.04.14

Рекомендована до друку
професором Коцкуличем Я.С.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
канд. техн. наук Соболевським Я.Ю.
(НДПІ ПАТ «Укрнафта», м. Івано-Франківськ)